

大比例尺综合物探方法在深部矿产远景调查试点中的应用

张叶鹏¹, 严家斌², 王 红¹, 刘灿娟¹, 肖新星¹

(1. 湖南省有色地质勘查局二四七队 湖南长沙 410129;

2. 中南大学 湖南长沙 410083)

[摘 要]开展深部找矿预测,地球物理方法发挥着重要作用,但是受多解性困扰。本文以湖南东北某金矿为例,探讨运用多种地球物理方法,提高深部找矿预测的准确性。开展了大比例尺重力测量、地面高精度磁法及可控源音频大地电磁测深法观测,圈定了深部找矿靶区,经钻孔及地球物理电、磁测井验证,效果突出,确定了本区的地球物理找矿标志。表明应用综合物探方法在本区深部矿产远景调查评价中是快捷有效的,建议将这一地球物理勘查模式在全国的深部矿产远景调查评价中予以推广。

[关键词] 综合物探 找矿预测 找矿标志

[中图分类号] P631

[文献标识码] A

[文章编号] 0495-5331(2015)04-0741-07

DOI:10.13712/j.cnki.dzykt.2015.04.015

Zhang Ye-peng, Yan Jia-bin, Wang Hong, Liu Can-juan, Xiao Xin-xing. Large-scale integrated geophysical methods in pilot survey of deep mineral prospects: An example of a gold deposit in north-eastern Hunan Province [J]. *Geology and Exploration*, 2015, 51(4): 0741-0747.

0 引言

地球物理方法在矿产资源的探测中一直扮演着重要角色,但在深部资源探测及复杂地质条件下,对于深部隐伏矿体,单一的地球物理方法面临着有效信息少、干扰大、真假异常甄别难等挑战。利用多种方法对提取的信息予以综合分析、减少多解性,为后续工作提供有利依据,是深部地球物理探测中追求的目标。本文以湘东北某金矿区隐伏矿体勘查工作为例,探讨了开展大比例尺综合地球物理探测技术及实施应用效果。

金矿区位于湖南省东北部,属于钦杭西段成矿带,大量资料研究表明钦杭成矿带可分为四个成矿期——晋宁期、加里东期、印支期及燕山期,其中燕山期成矿作用最显著,尤其是燕山晚期,成矿作用规模大、强度高,成矿种类繁多,矿床类型复杂(肖拥军等 2002; 韩凤彬等 2010; 易万亿等 2013)。金矿区的花岗岩为陆壳改造型花岗岩类,部分为壳幔质混熔型花岗岩类,燕山期花岗岩体及其有关热液对

金矿床形成有着积极的作用(刘始群等,1999; 贾大成等 2002; 贾大成等 2003; 彭头平等 2004; 李鹏春等 2005; 许德如等 2009)。区内金成矿物质具有多来源性、成矿作用具有多期性、金成矿对地层具选择性、空间分布具有区域分带性,构造控矿异常明显(符巩固等 2002)。

尽管在该区开展了大量地球物理工作,但是由于矿床类型复杂成矿物质具有多来源性,成矿作用具多期次等特点,单一的地球物理方法难以全面提取深部成矿信息,因此开展大比例尺综合物探研究是深部找矿的迫切需求。

1 矿区地质特征

金矿区位于扬子准地台南缘之江南地轴中部,地跨幕阜山穹断、长沙-平江凹断带及浏阳-衡东穹断 3 个 IV 级构造单元。

图 1 为测区的地质图,区内主要出露有中元古界蓟县系黄浒洞组(J_{x1h})、小木坪组(J_{x2x})、坪原组(J_{x2p})、长城系雷神庙组(Chl)均由具复理式建造

[收稿日期]2015-03-31; [修订日期]2015-06-05; [责任编辑]陈伟军。

[第一作者]张叶鹏(1984 年-)男,2008 年毕业于湖南科技大学,获学士学位,工程师,长期从事地球物理找矿及电磁法数据去干扰研究工作。E-mail: 371293317@qq.com。

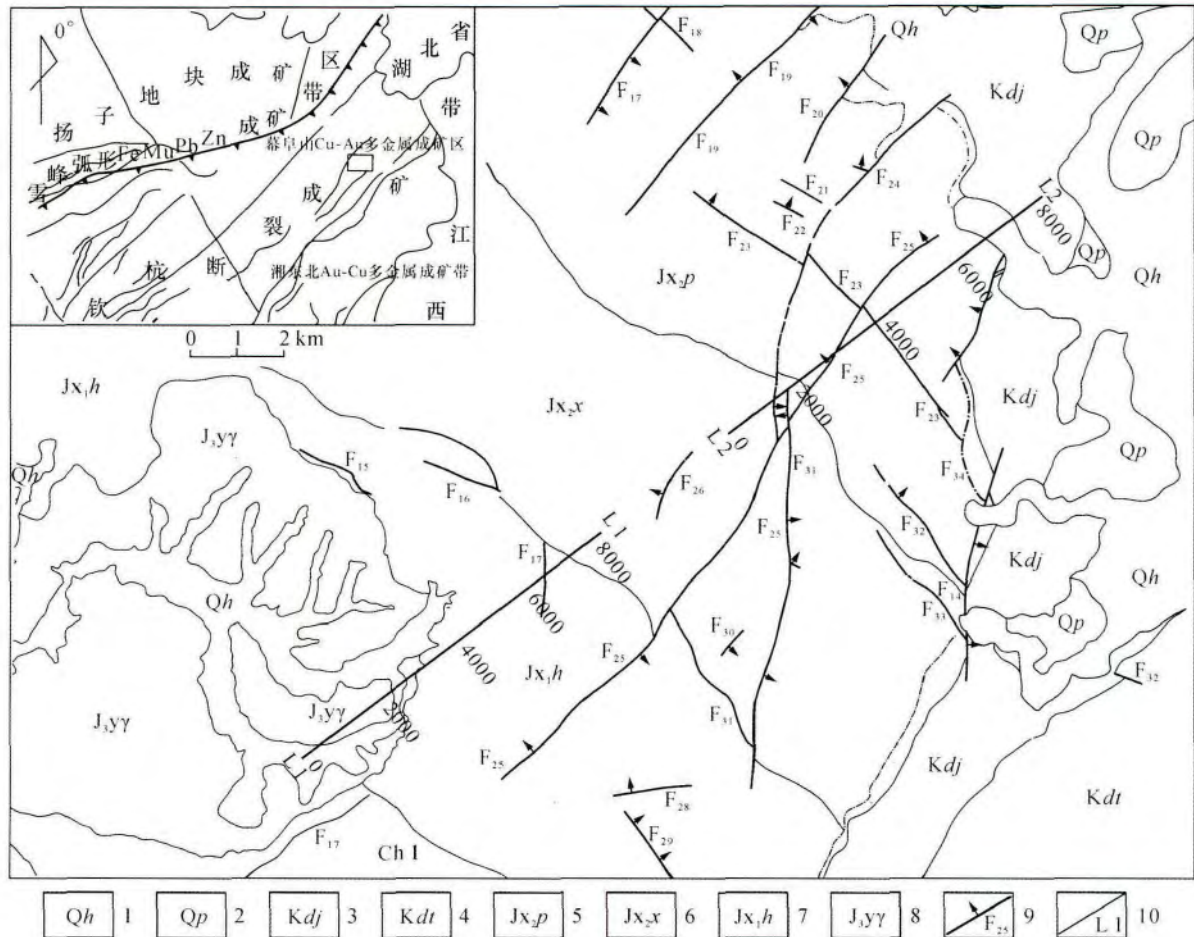


图1 测区地质概况及测点布置

Fig.1 Map showing geology and measurement sites in study area

1-第四系全新统冲积层; 2-第四系更新统砾石层; 3-中生代白垩系戴家坪组粉砂岩等; 4-中生代白垩系东塘组石英砂岩等; 5-中元古界蓟县系坪原组(含)粉砂质板岩; 6-中元古界蓟县系小木坪组(含)粉砂质板岩等; 7-中元古界蓟县系黄许洞组变质砂岩等; 8-晚侏罗世二长花岗岩; 9-断层; 10-物探布置剖面

1-Holocene alluvium; 2-Pleistocene gravel; 3-Cretaceous Daijiaping Formation siltstone; 4-Cretaceous Dongtang Formation quartz sandstone; 5-Mesoproterozoic Jixian System Pinyuan Formation (including) silty slate; 6-Mesoproterozoic Jixian System Xiaomupin Formation (including) silty slate; 7-Mesoproterozoic Jixian System Huanghudong Formation metamorphic sandstone; 8-Late Jurassic adamellite; 9-fault; 10-geophysical profile.

特征的浅海变质碎屑岩、变质粘土岩组成,分布在金井-九岭组东西两段,形成区内的构造隆起带,是区域内金矿的主要赋矿岩石。中生界白垩系戴家坪组(Kdj)、东塘组(K₂d),为一套山麓相至湖泊相类磨拉石红色砂岩、砾岩建造,白垩系地层与中元古界地层呈不整合接触,其东侧受长平断裂控制。新生界第四系更新统(Q_p)、全新统(Q_h),主要分布在东部。区内断裂构造发育包括拆离断层、北东向断层组、南北向断层组及北西向断层组,北西向断裂为区内主要的控矿构造。岩浆岩发育,在测区西南角出露面积较大的晚侏罗世侵入岩,定名为JJ岩体,岩性主要为二长花岗岩(J₃y)。

2 地球物理场特征

岩(矿)石电性参数测量采用 SCIP 电性参数仪测定;磁性参数测量采用 SM-3.0 磁化率仪测定;密度参数测量采用质量-体积法测定。

由表 1 可知,视电阻率为白垩系戴家坪组、碎裂板岩型金矿石最低;蓟县系各地层与晚侏罗世二长花岗岩居中,差异不大;石英脉型金矿石最高;表明岩矿石电性差异明显。视极化率值大部分低于 3.3%,碎裂板岩型金矿石视极化率值相对较高,达 4.95%,表明矿石呈高极化率特征。各地层、JJ 岩体及金矿石磁化率平均值在 $6 \times 10^{-6} \sim 318 \times 10^{-6}$ SI 范围

表 1 岩(矿)石物性参数表
Table 1 Physical property parameters of rocks and ores

地层/岩体	岩(矿)石类型	密度(g/cm^3)	磁化率(10^{-6}SI)	视电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	视极化率(%)
		常见值	常见值	常见值	常见值
戴家坪组	粉砂岩	2.47	146	521	3.26
坪原组	砂质板岩	2.49	278	884	2.75
小木坪组	石英脉	2.56	6	21432	0.20
小木坪组	粉砂质板岩	2.59	318	1190	1.24
黄浒洞组	板岩	2.6	228	2259	1.93
雷神庙组	绢云母板岩	2.59	233	892	1.84
采矿场	碎裂板岩型金矿石	2.62	148	623	4.95
采矿场	石英脉型金矿石	2.69	19	7580	1.67
岩体接触带	混合岩化片岩	2.64	261	3771	1.52
岩体接触带	硅化构造角砾岩	2.54	6	11037	1.22
JJ 岩体	二长花岗岩	2.49	6	868	1.80

备注: 资料来源于湖南省有色地质勘查局二四七队实测。

内。JJ 岩体及白垩系戴家坪组地层平均密度在 $2.4\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.49\text{g}/\text{cm}^3$ 范围内, 矿石平均密度在 $2.62\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.69\text{g}/\text{cm}^3$ 范围内, 其它各地层平均密度在 $2.49\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.59\text{g}/\text{cm}^3$ 范围内。

物性参数测定结果表明, 岩(矿)石电性差异、密度差异明显, 磁性差异小, 具备在本区开展综合物探的地球物理前提。

3 综合物探应用方法及效果

3.1 方法技术和仪器选择

区内花岗岩体在深部的分布状态、白垩系粉砂岩分布及厚度是查明矿床分布的关键, 同时北东向长平断裂带的空间分布与产状是探索深部含矿构造的重点。布设大比例尺的重力勘探、高精度磁法(朱朝吉等 2011; 汪青松 2012) 是为了查明花岗岩体、白垩系粉砂岩的分布。可控源音频大地电磁测深法(何继善, 1990; 赵晓鸣等, 2008; 赵英福等, 2012; 严新冻等 2015) 为了了解长平断裂带、花岗岩体及中元古界蓟县系各地层的发育情况。工作比例尺 1:1 万, 点距 40m, 测量用仪器为 CG-5 型高精度重力仪, GSM-19T 标准磁力仪, GDP32 II 电法仪, 可控源音频大地电磁测深法供电偶极距 $AB = 1200\text{m}$, 收发距 6~12km, 频率范围 1~8192Hz。

3.2 勘查成果分析

图 2 为 L1 线综合异常剖面图, 布格重力异常(Δg) 显示从小号点往大号点(即从南西往北东向)由负到正, 晚侏罗世二长花岗岩(JJ 岩体) 呈重力

低, 表明 JJ 岩体为低密度, 其他地层为相对高密度地层。

高精度磁法测量总场磁异常(ΔT) 在 JJ 岩体与黄浒洞组地层接触带上, 异常中心位置为 4400 点, 存在宽 2.2km, 幅值达 25nT 的磁异常, 磁异常化极后中心为 5100 点, 明显往北东方向移动, 宽达 3.1km, 强度增大至 50.39nT, 该异常位置为 JJ 岩体边缘缓冲带影响区(邓吉秋等, 2002), 该异常为 JJ 岩体与黄浒洞组地层接触部位热接触变质强烈引起, 而规模较小的叠加磁异常与次级断裂有关。表明 JJ 岩体与其他地层磁性弱。

可控源音频大地电磁测深剖面测量反演电阻率断面图显示 JJ 岩体与黄浒洞组地层接触带, 异常中心位置为 4200 点, 宽 2km, 呈高电阻率值, 幅值达 $10000\Omega \cdot \text{m}$, 高于 JJ 岩体与其它地层, 表明其热接触变质作用强烈, 存在着硅质热液的富集。JJ 岩体在地表近地表风化强烈, 呈粘土状, 具低电阻率形态, 而随着深度的增加在风化程度较弱或未风化区域, 呈中、高电阻率形态。JJ 岩体与黄浒洞组地层接触面在深部有向北东方向扩张的趋势, 产状由浅至深逐渐变缓。

图 3 为 L2 线综合异常剖面图; 布格重力异常(Δg) 显示整体平缓, 局部规模小, 强度小的异常特征, 推测与次级断裂有关, 在长-平断陷盆地内重力值缓慢减小, 说明断陷盆地内产出的第四系及白垩系“红层”密度相对蓟县系各地层较低。

高精度磁法测量总场磁异常(ΔT) 显示异常曲

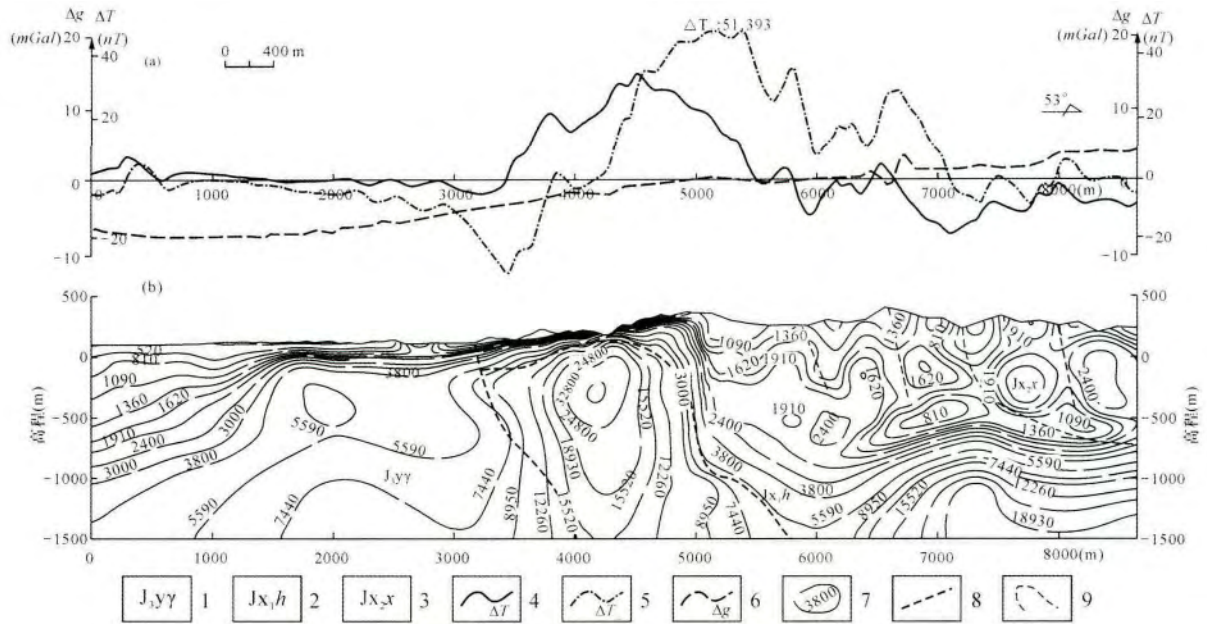


图2 L1线南部综合剖面解释成果图

Fig.2 Interpretation of a comprehensive profile south of line L1

- (a) -重力、磁异常综合曲线图; (b) -CSAMT电阻率断面图; 1-晚侏罗世二长花岗岩; 2-黄浒洞组变质砂岩等; 3-小木坪组粉砂质板岩等; 4-原始磁测曲线; 5-磁测化极曲线; 6-布格重力曲线; 7-CSAMT电阻率等值线; 8-推断地层接触界线及断裂; 9-硅化蚀变带
- (a) -gravity and magnetic anomalies comprehensive graph; (b) -CSAMT resistivity section; 1- Late Jurassic adamellite; 2- Huang Hu metamorphic sandstone cave; 3- wooden flooring group silty slate; 4- original magnetic survey curve; 5- magnetic survey of the polar curve; 6- Bouguer curve; 7- resistivity con-tour of CSAMT; 8- inferred stratigraphic boundaries and break contact; 9- silicified alteration zone

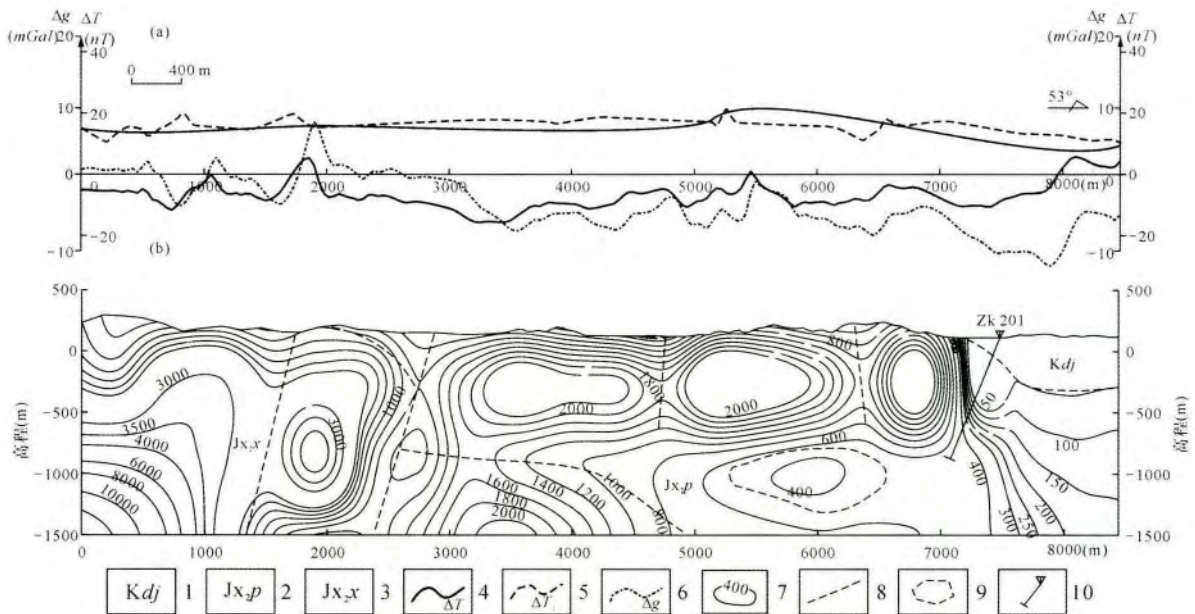


图3 L2线综合剖面解释成果图

Fig. 3 Interpretation of a comprehensive profile along line L2

- (a) -重力、磁异常综合曲线图; (b) -CSAMT电阻率断面图; 1-戴家坪组粉砂岩等; 2-坪原组(含)粉砂质板岩等; 3-小木坪组粉砂质板岩砂质板岩等; 4-原始磁测曲线; 5-磁测化极曲线; 6-布格重力曲线; 7-CSAMT电阻率等值线; 8-推断地层接触界线及断裂; 9-施工钻孔; 10-圈定成矿有利区
- (a) -gravity and magnetic anomalies comprehensive graph; (b) -CSAMT resistivity section; 1-Daijiaing Formation siltstone; 2-Pingyuan Formation (including) silty slate; 3-Xiaomupin Formation silty slate and sandy slate; 4-Original magnetic survey curve; 5-Magnetic survey reduced to the pole curve; 6-Bouguer curve; 7-resistivity contour of CSAMT; 8-inferred stratigraphic boundaries and fault; 9- drilling hole; 10-delineated favorable mineralization area

线整体平缓,局部规模小,强度低的异常与次级断裂有关,磁异常化极后在7000~8100点段出现具有一定规模,形态规整的负异常。

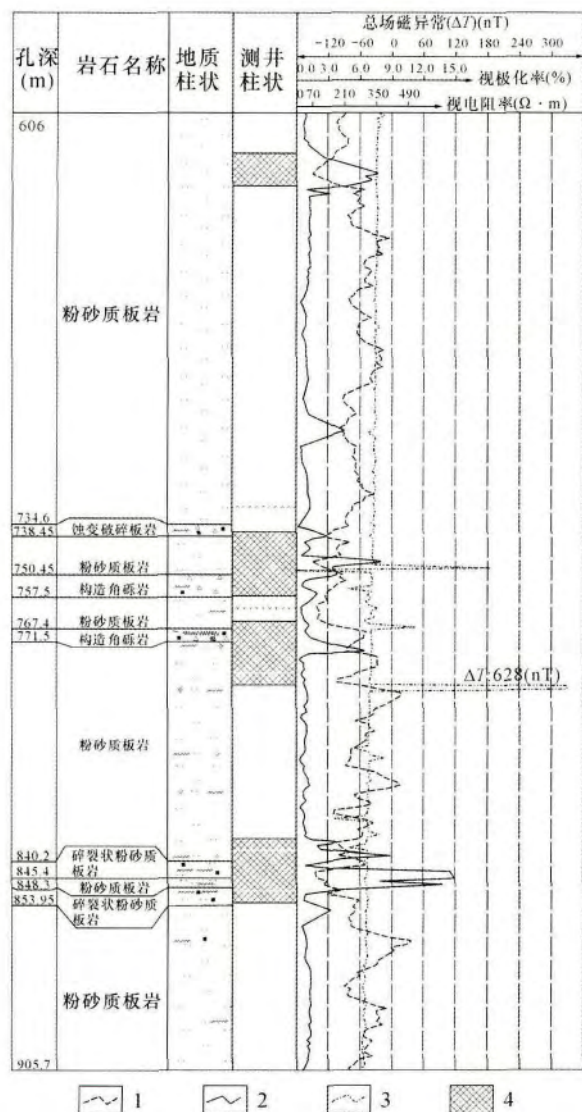


图4 ZK201物探测井效果图

Fig.4 ZK201 geophysical logging results

1-视电阻率曲线; 2-视极化率曲线; 3-总场磁测曲线; 4-推断矿化层

1-apparent resistivity curve; 2-apparent polarization curve; 3-total field magnetic survey curve; 4-inferred mineralization

可控源音频大地电磁测深剖面测量反演电阻率断面图显示,小木坪组地层视电阻率高于坪原组地层视电阻率,并由浅部到深部逐渐增大。坪原组地层整体呈中电阻率产出,且表现出强烈的电性不均匀,推断为后期构造作用下存在硅质热液的富集,从而表现出电性不均匀。在5200~6200点段,标高-800m~1300m处,存在一圈闭低阻区。

3.3 深部找矿预测

由地球物理测量及地质资料分析可以看出, L1线黄浒洞组地层在多次构造作用下次级断裂、裂隙发育较多,岩浆热液在侵位过程中与围岩产生接触、交代蚀变,存在铁磁性矿物运移、富集(李鹏春, 2005)。析出的硅质热液沿黄浒洞组岩层裂隙、次级断裂充填、交代蚀变,形成了JJ岩体与黄浒洞组地层接触带的强磁异常和高电阻率异常区,异常中心为4200点,综合异常宽2km。成矿条件分析:该层位是区域上的金矿源层,岩浆活动为金成矿提供了广泛的物质来源和热源,在构造作用过程中多期成矿,断裂控矿明显, NW(NWW) 向断裂表现为拉张特性,大部分是控矿、容矿构造,严格控制了矿区含金石英脉和含金蚀变破碎板岩的产出(肖拥军等, 2007)。综上所述分析认为JJ岩体与黄浒洞组地层接触带是成矿有利部位。

L2线的坪原组是重要含矿层位(顾江年等, 2012),断陷盆地边缘构造活动强烈,坪原组具有高金背景,富硫特性(肖拥军等, 2002),在多次构造活动作用下,有利于矿物质的活化迁移活动,为富集成矿提供大量的物质来源。在5200~6200点段,标高-800m~-1300m处,推断坪原组地层内的圈闭低阻区存在大规模成矿的可能性。在7000~8100点段,磁异常化极后出现一低缓磁异常,同时电阻率呈低阻特征,位于坪原组地层与断陷盆地结合部位,是找金矿的重点部位,湘东北地区的金矿点多分布于此区域(符巩固, 2002)。利用磁异常共轭元解释法(晏月平等, 2014)进行剖面磁异常反演,结果显示磁源体中心位置为7750点,倾向NE,倾角28°,中心埋深730m。

3.4 钻孔验证及地球物理测井效果

ZK201位于L2线7230点,图4为606m~905.6m范围地质柱状、井中激电及井中三分量磁测综合剖面图。从地质见矿效果来看,在750.45m~757.50m深度范围见含金构造角砾岩,848.30m~853.95m深度范围见含金破碎含粉砂质板岩。本次电、磁测井效果明显,将揭露矿脉处存在的低阻高极化异常及强磁异常作为本区找矿的地球物理标志,以此为依据推断矿化四层,分别在618m~621.3m, 738m~757.5m, 767m~810m, 840m~854m。

4 结论

(1) JJ岩体存在岩体边缘缓冲带影响区,该缓冲带即热接触变质带有望取得找金多金属矿的突

破;断陷盆地边缘的低电阻率、低缓磁异常区是找金矿的重要区位。

(2) 地球物理电、磁测井表明低阻高极化、强磁是本区的找蚀变碎裂板岩型金矿的地球物理标志。

(3) 充分利用物探综合分析成果开展深部找矿预测,圈定了深部找矿靶区 2 处,经过钻孔验证,表明这三种物探方法在本区综合应用是十分有效的。三者相互补充和配合,取得比单独运用一种方法更有效、更丰富的地质信息,提高了推断解释的准确性,对于开展深部矿产远景调查工作来说是非常快速有效的,建议将该区地球物理勘查模式在全国所有深部矿产远景调查区进行推广。

[References]

- Deng Ji-qiu , Bao Guang-shu , Liu Bin. 2002. Forecast of favorable regions about gold deposit based on GIS in Wangu region , northeast Hunan province [J]. Mineral Deposits , 21: 1128 - 1131 (in Chinese with English abstract)
- Fu Gong-gu , Xu De-ru , Chen Guang-hao , Li Peng-chun. 2002. New recognitions on geological characteristics of gold ore deposits in north-eastern Hunan province , China and new prospecting advances [J]. Geotectonica et Metallogenia , 26 (4) : 416 - 422 (in Chinese with English abstract)
- Gu Jiang-nian , Ning Jun-tao , Wu Jun. 2012. Ore-controlling characteristics and prospecting direction for shear zone-type gold deposit in Jiuling-Qingshui area , northeastern Hunan province [J]. Geology and Mineral Resources of South China , 28 (1) : 27 - 34 (in Chinese with English abstract)
- Han Feng-bin , Chang Liang , Cai Ming-hai , Liu Sun-yang , Zhang Shi-qi , Chen Yan , Peng Zhen-an , Xu Ming. 2010. Ore-forming epoch of gold deposits in north eastern Hunan [J]. Mineral Deposits , 29 (3) : 563 - 571 (in Chinese with English abstract)
- He Ji-shan. 1990. CSAMT [M]. Chang sha: CSU Press: 1 - 169 (in Chinese)
- Jia Da-cheng , Hu Rui-zhong. 2002. Tectonic setting discrimination of late Yanshanian granites in northeast Hunan province [J]. Geology-Geochemistry , 30 (2) : 11 - 14 (in Chinese with English abstract)
- Jia Da-cheng , Hu Rui-zhong , Zhao Jun-hong , Xie Gui-qing. 2003. Litho-geochemical characteristics of the Mesozoic Granitic Intrusion from the Wangxiang Area in Northeastern Hunan Province and Its Tectonic Setting [J]. Acta geologica Sinica , 77 (1) : 98 - 103 (in Chinese with English abstract)
- Li Peng-chun , Xu De-ru , Chen Guang-hao , Xia Bin , He Zhuan-li , Fu Gong-gu. 2005. Constraints of petrography , geochemistry and Sr-Nd isotopes on the Jinjing granites from northeastern Hunan province , China: implications for petrogenesis and geodynamic setting [J]. Acta Petrologica Sinica , 21 (3) : 922 - 934 (in Chinese with English abstract)
- Liu Shi-qun , Zhang Lu-xiu , Jin Wei-qun , Shen Ke-fu , Gao Yan-jun. 1999. The Yan Shanian granitoids in the northeast Hunan [J]. Geology and Mineral Resources of South China , 4: 1 - 9 (in Chinese with English

abstract)

- Peng Tou-ping , Xi Xian-wu , Wang Yue-jun , Peng Bing-xia , Jiang Zhi-min. 2004. Geochemical characteristics of the early meso zoic granodiorites and their tectonic implications [J]. Geotectonica et Metallogenia , 28 (3) : 287 - 296 (in Chinese with English abstract)
- Wang Qing-song , Wu Ming-an , Yuan Ping , He Liu-chang. 2012. Characteristics of gravity and magnetic anomalies in the Nihe iron deposit of Lujiang County , Anhui Province [J]. Geology and Exploration , 48 (1) : 0148 - 0154 (in Chinese with English abstract)
- Xiao Yong-jun , Chen Guang-hao , Fu Gong-gu. 2002. Discussion on the tectono-metallogenic background of the Da Wan gold ore district , north-eastern Hunan province [J]. Geotectonica et Metallogenia , 26 (2) : 143 - 147 (in Chinese with English abstract)
- Xiao Yong-jun , Chen Guang-hao. 2007. Preliminary study on metallogenic structure feature of gold deposit in Wanggu area , northeastern Hunan province [J]. Geology and Prospecting , 43 (3) : 42 - 45 (in Chinese with English abstract)
- Xu De-ru , Wang Li , Li Peng-chun , Chen Guang-hao , He Zhuan-li , Fu Gong-gu , Wu Jun. 2009. Petrogenesis of the Lianyungshan granites in northeastern Hunan Province , South China , and its geodynamic implications [J]. Acta Petrologica Sinica , 29 (5) : 1056 - 1078 (in Chinese with English abstract)
- Yan Xin-luo , Hu Hua-qing , Zhang Hou-yun , Wu Gang , Li Jian-liang , Fang Gui-cong. 2015. Prospecting toward the deep subsurface of the Jin ya gold deposits using CSAMT in Feng shan county , Guang xi Province [J]. Geology and Exploration , 51 (1) : 0143 - 0150 (in Chinese with English abstract)
- Yan Yue-ping , Cai Jia-xiong , Dai Qian-wei. 2014. Conjugate interpretation method of magnetic anomaly [M]. Beijing: Geology Press: 1 - 130 (in Chinese)
- Yi Wan-yi , Yang Qing-kun. 2013. Spatial-temporal characteristics of the metallic ore in Qinzhou-Hangzhou Metallogenic Belt [J]. Non-ferrous metal , 65 (5) : 33 - 38 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Xiao-ming , Zhang En-hi , Mi Xiao-li , He Lan-fang , Yu Cai-sheng. 2008. Static Correction of CSAMT Data [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics , 5 (3) : 311 - 314 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Ying-fu , Li Xiao-yong. 2012. Geological characteristics and prospecting potential of Bagebei silver polymetallic deposit in Inner Mongolia [J]. Mineral Resources and Geology , 26 (6) : 464 - 468 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Chao-ji , Zhou Zhao-wu , Liu Tian-you , Zhang Heng-lei. 2011. Application of high-precision magnetic survey to prospecting: A case study in the Galinge ore district of Qinghai Province [J]. Geology and Exploration , 47 (2) : 277 - 283 (in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

- 邓吉秋, 鲍光淑, 刘 斌. 2002. 基于 GIS 的湘东北万古地区金矿床靶区预测 [J]. 矿床地质, 21 (增刊) : 1128 - 1131
- 符巩固, 许德如, 陈广浩, 李鹏春. 2002. 湘东北地区金成矿地质特征及找矿新进展 [J]. 大地构造与成矿学, 26 (4) : 416 - 422
- 顾江年, 宁陶钧, 吴 俊. 2012. 湘东北九岭-清水地区韧性剪切带型

- 金矿控矿特征及找矿方向[J]. 华南地质与矿产, 28(1): 27-34
- 韩凤彬, 常亮, 蔡明海, 刘孙决, 张诗启, 陈艳, 彭振安, 徐明. 2010. 湘东北地区金矿成矿时代研究[J]. 矿床地质, 29(3): 563-571
- 何继善. 1990. 可控源音频大地电磁法[M]. 长沙: 中南工业大学出版社: 1-169
- 贾大成, 胡瑞忠. 2002. 湘东北燕山晚期花岗岩构造环境判别[J]. 地质地球化学, 30(2): 11-14
- 贾大成, 胡瑞忠, 赵军红, 谢桂青. 2003. 湘东北中生代望湘花岗岩体岩石地球化学特征及其构造环境[J]. 地质学报, 77(1): 98-103
- 李鹏春, 许德如, 陈广浩, 夏斌, 贺转利, 符巩固. 2005. 湘东北金井地区花岗岩成因及地球动力学暗示: 岩石学、地球化学和 Sr-Nd 同位素制约[J]. 岩石学报, 21(3): 922-934
- 刘始群, 张录秀, 金维群, 沈克富, 高艳君. 1999. 湘东北燕山期花岗岩[J]. 华南地质与矿产, 4: 1-9
- 彭头平, 席先武, 王岳军, 彭冰霞, 江志敏. 2004. 湘东北早中生代花岗岩闪长岩地球化学特征及其构造意义[J]. 大地构造与成矿学, 28(3): 287-296
- 汪青松. 2012. 安徽省庐江县泥河铁矿重磁异常特征[J]. 地质与勘探, 48(1): 148-154
- 肖拥军, 陈广浩, 符巩固. 2002. 湘东北大万金矿区构造成矿背景探讨[J]. 大地构造与成矿学, 26(2): 143-147
- 肖拥军, 陈广浩. 2007. 湘东北万古地区金矿床成矿构造特征的初步研究[J]. 地质与勘探, 43(3): 42-45
- 许德如, 王力, 李鹏春, 陈广浩, 贺转利, 符巩固, 吴俊. 2009. 湘东北地区连云山花岗岩的成因及地球动力学暗示[J]. 岩石学报, 29(5): 1056-1078
- 严新添, 胡华清, 张厚云, 吴刚, 李建良, 方贵聪. 2015. 广西凤山县金牙金矿 CSAMT 法深部找矿预测研究[J]. 地质与勘探, 51(1): 143-150
- 晏月平, 蔡家雄, 戴前伟. 2014. 磁异常共轭元解释理论与方法[M]. 北京: 地质出版社: 1-130
- 易万亿, 杨庆坤. 2013. 钦杭成矿带金属矿产时空分布特征[J]. 有色金属, 65(5): 33-38
- 赵晓鸣, 张恩力, 米晓利, 何兰芳, 余才盛. 2008. 资料处理中的静校正问题[J]. 工程地球物理学报, 5(3): 311-314
- 赵英福, 李小永. 2012. 内蒙古巴格贝银多金属矿地质特征及找矿远景[J]. 矿产与地质, 26(6): 464-468
- 朱朝吉, 周肇武, 刘天佑, 张恒磊. 2011. 高精度磁测找矿效果: 以青海尕斯库勒矿区为例[J]. 地质与勘探, 47(2): 277-283

Large-scale Integrated Geophysical Methods in Pilot Survey of Deep Mineral Prospects: An Example of a Gold Deposit in Northeastern Hunan Province

ZHANG Ye-peng¹, YAN Jia-bin², WANG Hong¹, LIU Can-juan¹, XIAO Xin-xing¹

(1. The 247 team of Hunan Provincial Nonferrous Geological Exploration Bureau, Changsha, Hunan 410129;
2. Center South University, Changsha Hunan 410083)

Abstract: Geophysical methods play an important role in forecast of deep prospecting. While they face the problem of multiple solutions. Taking a gold deposit in northeastern Hunan as an example, this paper address the issue how to improve the accuracy of prediction of deep prospects using integrated multiple geophysical techniques. In this area, a comprehensive survey has been conducted including large-scale measurements of gravity, precise magnetism and CSAMT(controlled source audio magnetotellurics) to delineate the deep prospecting targets. The geophysical marks of this area were determined through drilling validation and geophysical electric, magnetic logging, indicating outstanding results of the geophysical survey. It demonstrates that the application of integrated geophysical methods to evaluation of deep mineral prospects is fast and effective. It is recommended that such a geophysical exploration model can be spread all over the country.

Key words: integrated geophysical survey, prospect prediction, geophysical mark